

# Einflüsse der Materialzusammensetzung auf die Schweißbeignung von PLA-Folien

**Neda Stöhr, Benjamin Baudrit**

**VVD 2015**

**Verarbeitungsmaschinen  
und Verpackungstechnik**

**Dresden, den 13. März 2015**



1. **Das SKZ**
2. **Einleitung**
3. **Motivation**
4. **Vorgehensweise**
5. **Ergebnisse**
6. **Zusammenfassung**



Quelle: hopfenwiesen.de

- 1961** Gründung in Würzburg
  - 1964** Technikum und Prüflabor
  - 1965** Beginn der Fortbildungsprogramme
  - 1994** Eröffnung der Zertifizierungsstelle
  - 1996** Aus- und Weiterbildungs-Zentrum
  - 2002** Verarbeitungstechnikum
  - 2005** Technologie-Zentrum
  - 2009** Direktspritzgießtechnikum
  - 2013** Eröffnung Horb
  - 2014** Eröffnung Selb
- Heute** Partner der Branche mit Systemkompetenz  
und über 50 Jahren Erfahrung



# Übersicht der Geschäftsfelder



## Produktqualität

Sicherheit durch Prüfung

- Produktüberwachung
- Produktzertifizierung
- Produktprüfung
- Gutachten
- Service



## Weiterbildung

Wissen eröffnet Perspektiven

- Fachtagungen
- Seminare
- Praxislehrgänge
- Inhouse-Schulungen
- Meisterausbildung



## Forschung & Entwicklung

Die Zukunft erfinden

- Materialentwicklung
- Compoundieren
- Verarbeiten
- Fügen
- Bauteileigenschaften
- Messtechnik
- Nachhaltigkeit
- Composites
- Farbe



## Zertifizierung

Erfolg durch Verlässlichkeit

- ISO 9001
- ISO 14001
- ISO 50001
- FW 605
- BS OHSAS 18001
- VDA 6.1
- ISO/TS 16949



## Beratung

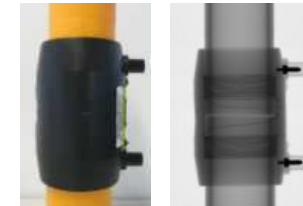
Der Weg zum Optimum

- Entwicklungsberatung
- Materialrecherche
- Produktdesign
- Prozessanalyse
- Prozessüberwachung
- Produktionsberatung





Entwicklung  
von Schweiß-  
verfahren

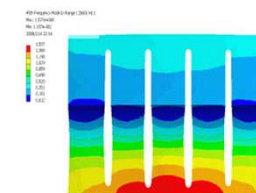


Zerstörungs-  
freie Prüfung

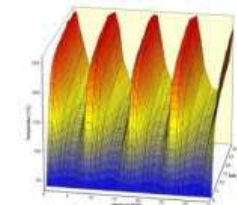
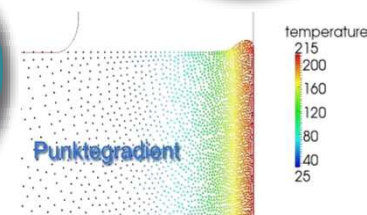


Fügen

Modellierung  
und  
Simulation



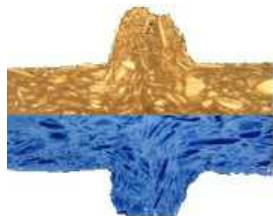
Kleben



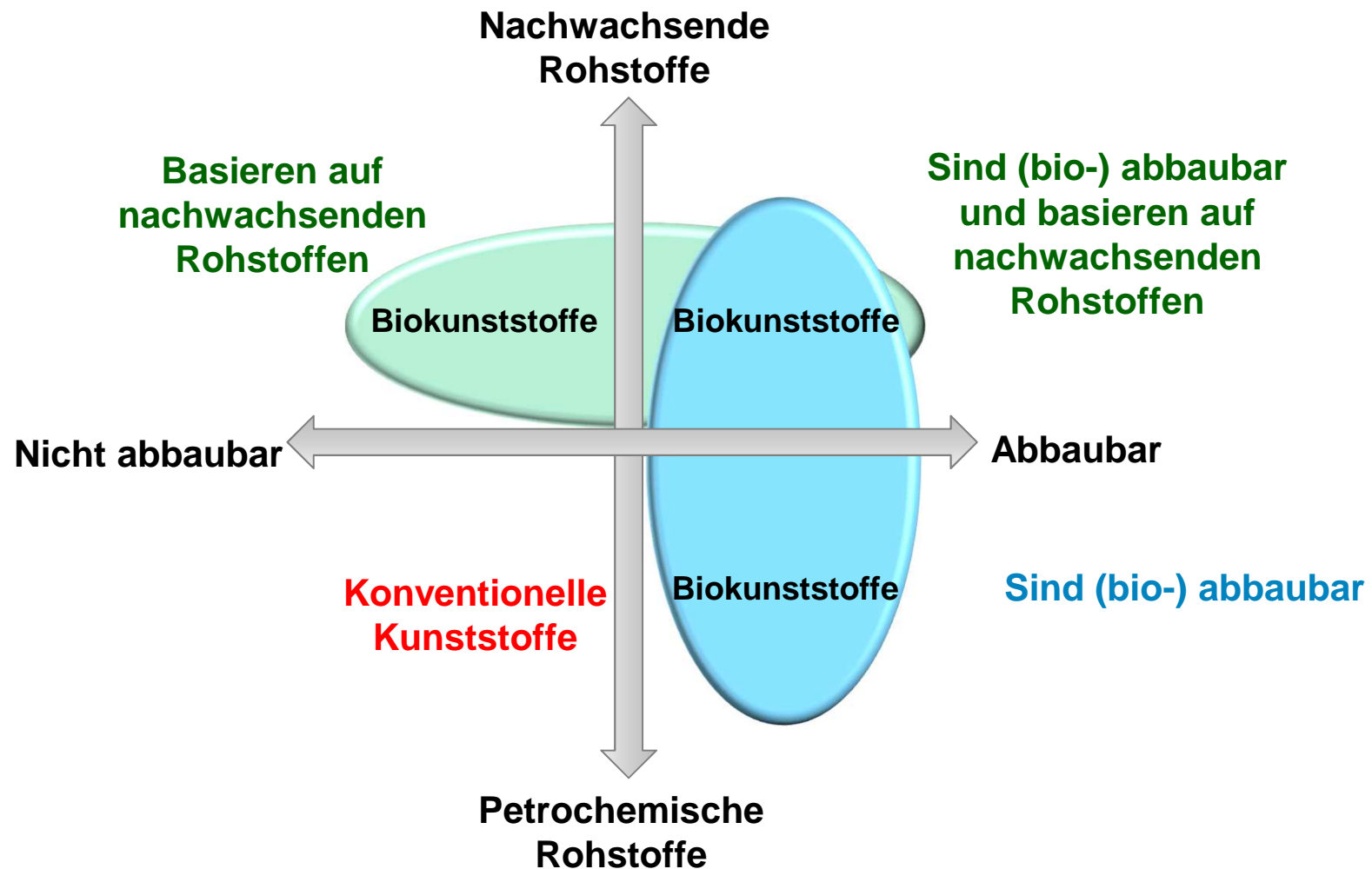
Optimierung  
von Schweiß-  
prozessen



Fügen  
neuer  
Materialien



## ➤ Definition des Begriffs Biokunststoff



Quelle: H.-J. Endres, A. Siebert-Raths, Technische Biopolymere, Carl Hanser Verlag München, 2009

- **Prinzipiell können Biokunststoffe wie herkömmliche petrochemische Kunststoffe verarbeitet werden, wie z. B.**
  - durch Extrusion auf einer Folienanlage zu Monolayer-, Blas-, coextrudierten, oder verreckten Folien, die bedruckt werden können,
  - durch Thermoformen,
  - durch Spritzgießen,
  - durch Pressen,
  - durch Schmelzspinnen oder
  - durch Schäumen.



## ➤ Einsatzgebiete von Biokunststoffen:

- Verpackungen,
- Cateringartikel,
- Garten- und Landschaftsbau,
- Medizin und
- Hygiene



Quelle: datenbank.fnr.de



Quelle: NaKu

## ➤ Die Anwendungsvielfalt und der Marktanteil von Biokunststoffen wächst zunehmend, auch als beständige Polymerwerkstoffe für technische Anwendungen.



Quelle: springerprofessional.de

**Eine gute Schweißbarkeit der Biokunststoffe ist erforderlich,  
um eine erfolgreiche Positionierung dieser Materialien  
am Kunststoffmarkt zu erzielen.**



Quelle: lohrmann.de

Schweißen

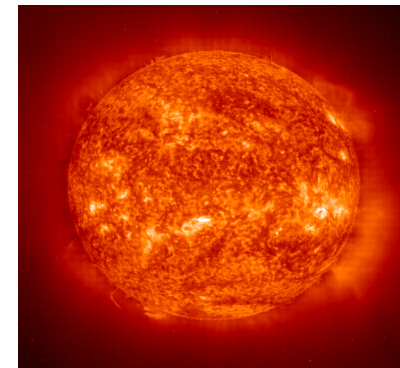




Zeit



Druck



Energie | Wärme

Das **Schweißen** beschreibt die **stoffschlüssige Verbindung** von Komponenten (evtl. mittels eines Materialzusatzes) unter Anwendung von **Energie** (bzw. Wärme) und **Druck**

## Häufig verwendete Verfahren zum Verbinden von Kunststofffolien

- Wärmekontaktschweißen (WKS),
- Wärmeimpulsschweißen (HI),
- Ultraschallschweißen (US) und
- Hochfrequenzschweißen (HF).

➤ **Polylactid (PLA)** ist dank seiner positiven Eigenschaften

- fehlende Toxizität
- gute Festigkeit
- ausgezeichnete Optik

**derzeit am meisten verwendeter Biokunststoff in der Verpackungsindustrie.**

**Aber....**

**PLA ist relativ spröde.**

**Um diesen Nachteil zu beheben, muss PLA modifiziert werden.**



- **Durch Modifizierung werden die Materialeigenschaften der Biokunststoffe geändert und somit ihre Verarbeitung beeinflusst.**
- **Fragestellungen:**
  - **Ist das modifizierte PLA schweißbar?**
  - **Kann Festigkeit des Grundmaterials erreicht werden?**
  - **Beeinflusst die Materialzusammensetzung die Schweißeignung?**
  - **Wodurch kann die Schweißbarkeit verbessert werden?**

Bezeichnung der Folien	Materialzusammensetzung der Folien			Verarbeitungsstufe	
	PLA Anteil (phr)	Stabi. Anteil (phr)	PEG Anteil (phr)	Compoundierung	Folienherstellung
Folie 1	100	0,0	0,0	-	+
Folie 2	100	0,4	0,0	+	+
Folie 3a	100	0,4	5,3	+	+
Folie 3b	100	0,4	7,9	+	+
Folie 3c	100	0,4	10,6	+	+

\* PLA Typ 4032 D der Fa. NatureWorks

\*\* PEG - Polyethylenglykol 4000

\*\*\*  $\text{phr} = [\text{Masse (PEG bzw. Stabi.)} / \text{Masse (PLA)}] \times 100$

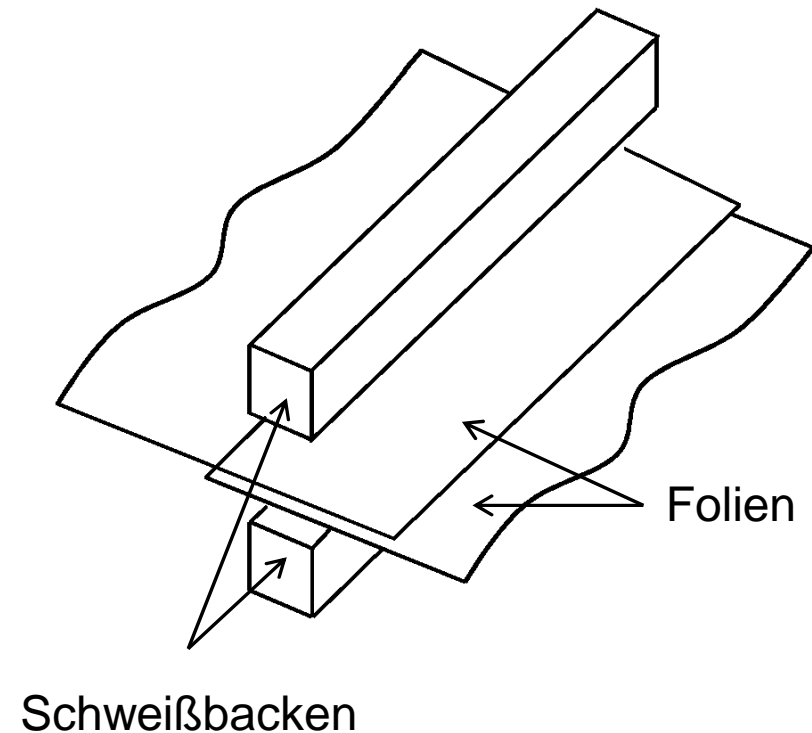
## Häufig verwendete Verfahren zum Verbinden von Kunststofffolien

- **Wärmekontaktschweißen (WKS),**
- Wärmeimpulsschweißen (HI),
- Ultraschallschweißen (US) und
- Hochfrequenzschweißen (HF).

## Parameter des Wärmekontaktschweißverfahrens:

- Die Backentemperatur,
- die Schweißzeit und
- die Schweißkraft

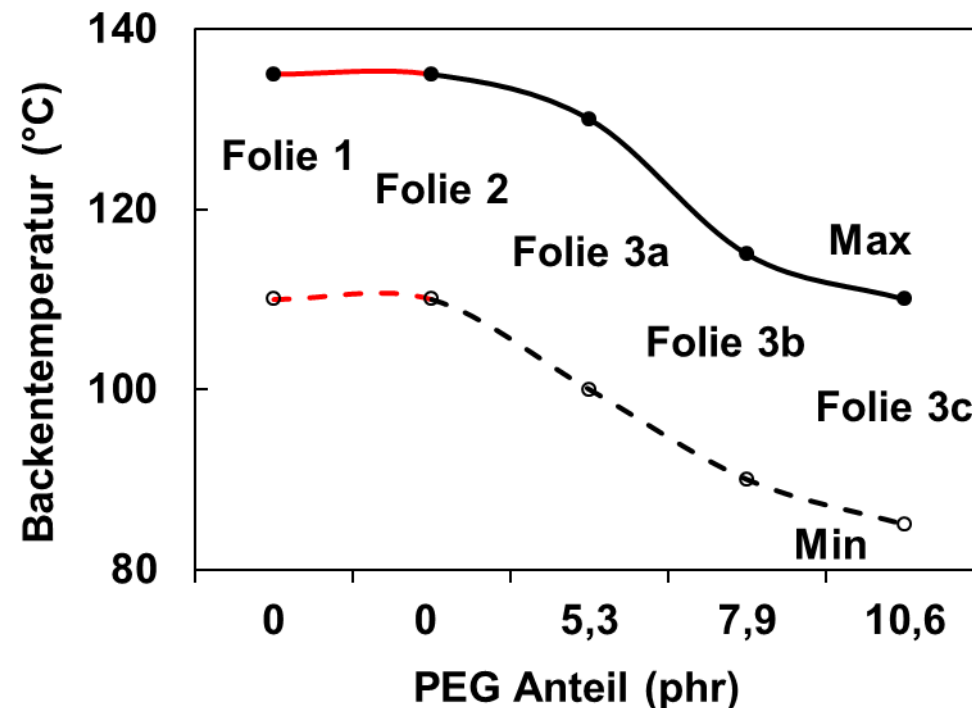
werden entsprechend dem Folienwerkstoff und der Foliendicke eingestellt.



➤ **Untersucht wurde:**

- Schweißbarkeit
- Prozessfensterbreite
- Maximale Nahtfestigkeiten

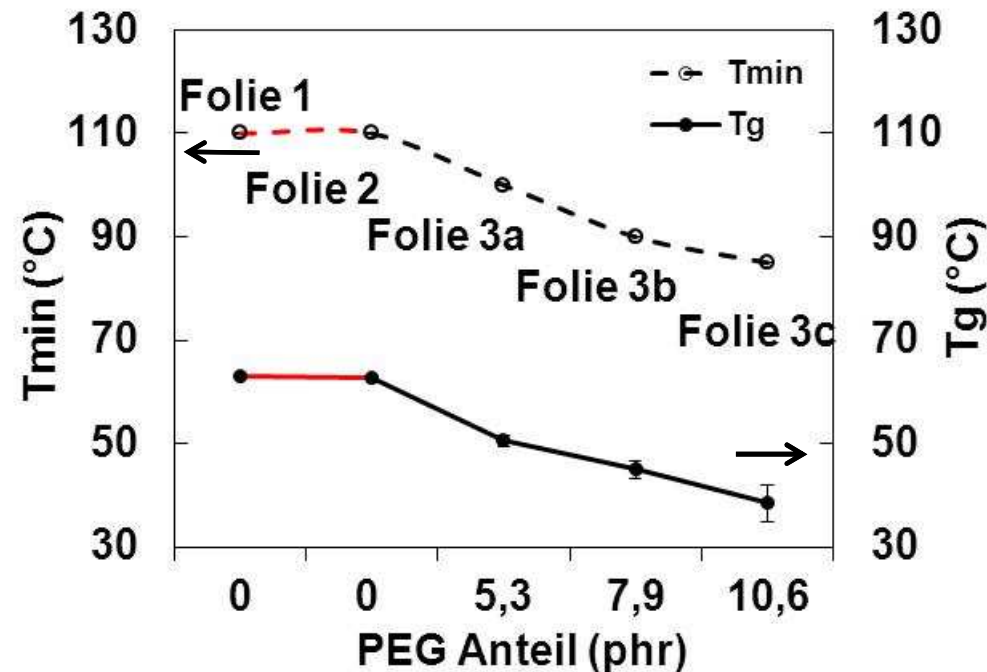
## ➤ Prozessfensterermittlung beim WKS-Schweißen



- ✓ Mit steigendem PEG-Anteil verschieben sich sowohl minimale als auch maximale Backentemperaturen hin zu niedrigeren Temperaturen. Die Prozessfensterbreite bleibt vom PEG-Anteil unverändert.
- ✓ Der Schweißzeit- (von 0,1 bis 0,9 s) und der Schweißdruckbereich (von 1,0 bis 3,5 MPa) bleiben von der PEG Einarbeitung unabhängig

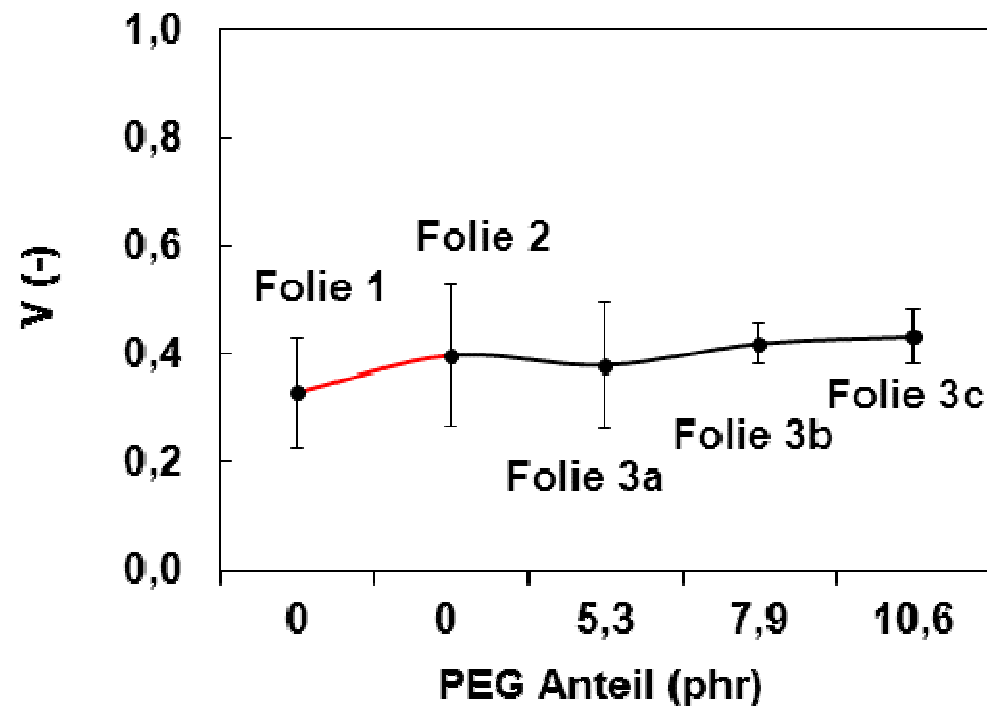


➤ Korrelation zwischen den Materialeigenschaften und dem Prozessfenster



Durch die Einarbeitung von PEG wird Glasübergangstemperatur ( $T_g$ ) reduziert  
→ Polymerketten können sich bereits bei niedrigeren Temperaturen bewegen  
→ Folien können bei niedrigeren minimalen Backentemperaturen geschweißt werden

- Einfluss des PLA-Typs auf die WKS-Schweißbarkeit der Folien
  - V = Maximale Nahtfestigkeit / Zugfestigkeit der nicht geschweißten Folie
  - V – Maß der Schweißbarkeit



**Beim WKS von den mit PEG weichgemachten PLA Folien  
führt ein zunehmender PEG Anteil zu keiner relevanten Differenzierung  
der WKS-Schweißbarkeit**

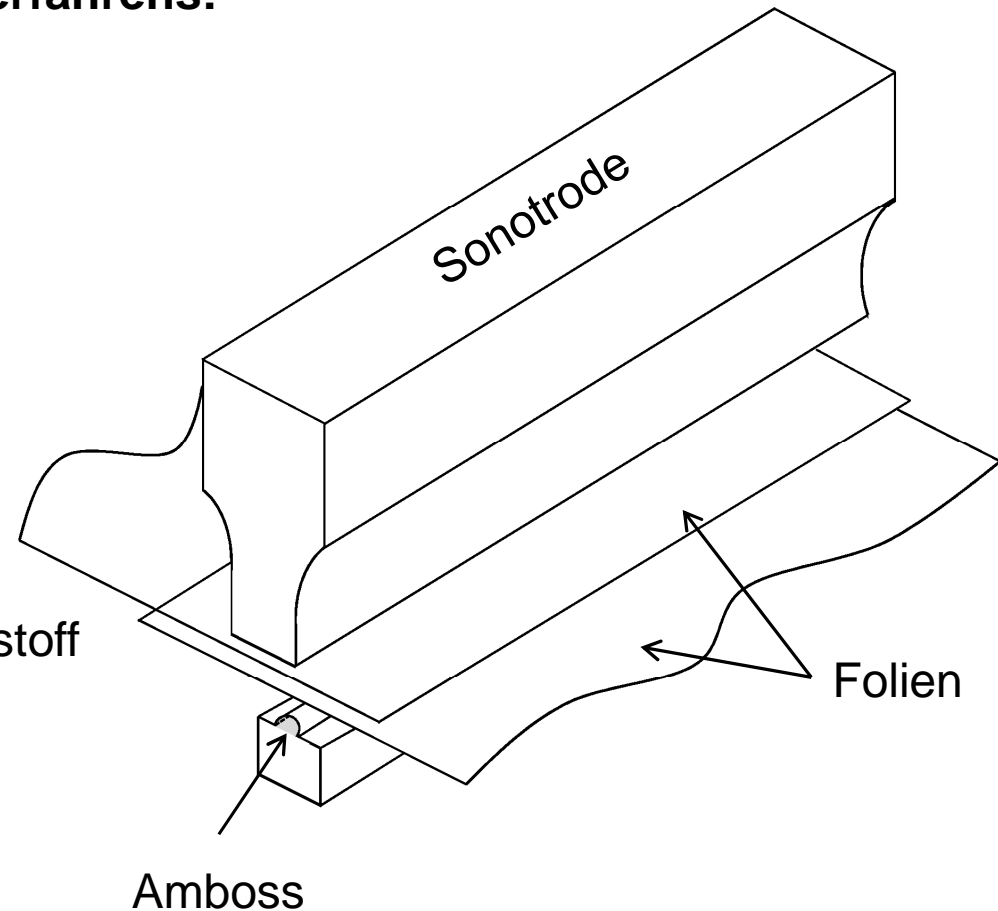
- **Schweißparameter** abhängig vom PEG Anteil, bei denen **die maximalen Nahtfestigkeiten** erreicht wurden

Material	Backtemperatur (°C)	Schweißzeit (s)	Schweißdruck (MPa)
Folie 1	135	0,1	1,5
Folie 2	140	0,5	3,5
Folie 3a	130	0,9	1,5
Folie 3b	100	0,5	3,5
Folie 3c	110	0,1	1,5

## Parameter des Ultraschallschweißverfahrens:

- Die Amplitude,
- die Schweißzeit,
- die Schweißkraft,
- die Haltezeit und
- der Haltedruck

werden entsprechend dem Folienwerkstoff  
und der Foliendicke eingestellt.



## Häufig verwendete Verfahren zum Verbinden von Kunststofffolien

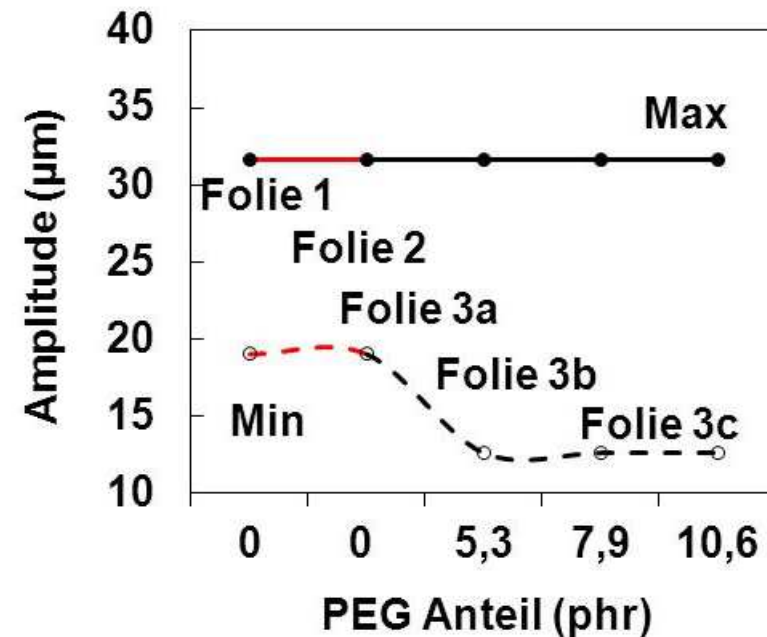
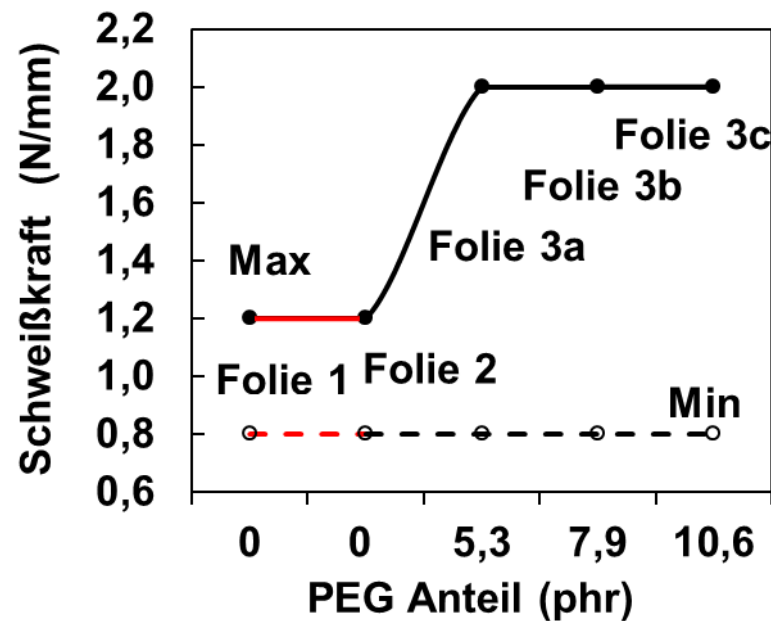
- Wärmekontaktschweißen (WKS),
- Wärmeimpulsschweißen (HI),
- **Ultraschallschweißen (US)** und
- Hochfrequenzschweißen (HF).

➤ **Untersucht wurde:**

- Schweißbarkeit
- Prozessfensterbreite
- Maximale Nahtfestigkeiten

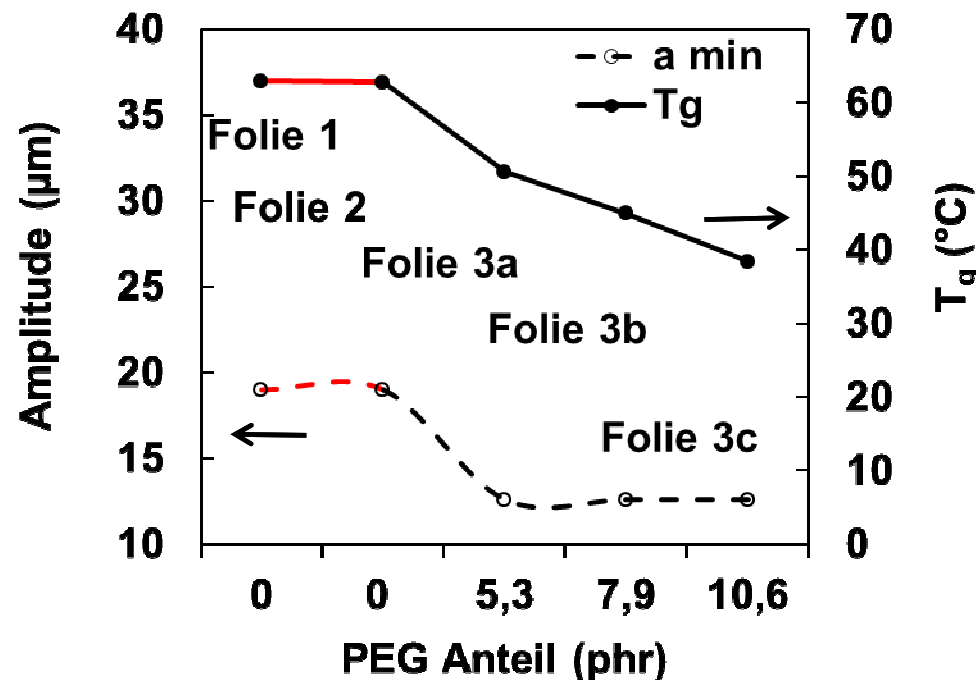


## ➤ Prozessfensterermittlung beim US-Schweißen



- Breiteres Prozessfenster durch die Einarbeitung von PEG:
  - ✓ Die maximale Schweißkraft nimmt zu
  - ✓ Abnahme der minimalen Amplitude
  - ✓ Der Schweißzeitbereich: minimale Zeit bleibt konstant (0,1s)  
maximale Zeit nimmt zu (von 0,4 auf 0,5s)
- Die Prozessfensterbreite bleibt vom PEG Anteil unverändert

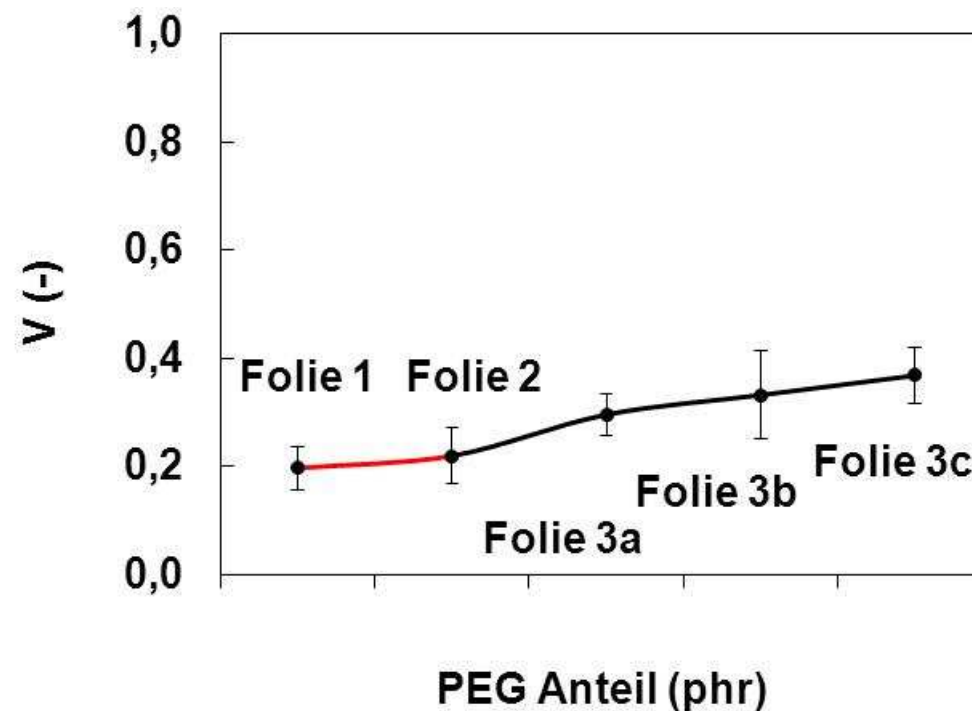
## ➤ Korrelation zwischen den Materialeigenschaften und dem US-Prozessfenster



Durch die Einarbeitung von PEG wird Glasübergangstemperatur ( $T_g$ ) reduziert  
→ Polymerketten können sich bereits bei niedrigeren Temperaturen bewegen  
→ Zum Aufschmelzen notwendige Energiemenge  
wird bei niedrigeren Amplituden erreicht

➤ Einfluss der Zusammensetzung auf die **US-Schweißbarkeit**

- $V$  = Maximale Nahtfestigkeit / Zugfestigkeit der nicht geschweißten Folie
- $V$  – Maß der Schweißbarkeit



**Eine PEG Zugabe verbessert die US-Schweißbarkeit,  
die mit zunehmendem PEG Anteil ansteigt**

- **Schweißparameter** abhängig vom PEG Anteil, bei denen **die maximalen Nahtfestigkeiten** erreicht wurden

Material	Amplitude (µm)	Schweißzeit (s)	Schweißdruck (N/mm)
Folie 1	32	0,4	1,2
Folie 2	32	0,4	1,2
Folie 3a	32	0,3	0,8
Folie 3b	13	0,3	2,0
Folie 3c	19	0,5	2,0

- Sowohl die reinen als auch die mit PEG modifizierten PLA-Folien sind mittels Wärmekontaktschweißen und Ultraschallschweißen schweißbar
- Die mit PEG weichgemachten PLA-Folien haben ein breiteres Prozessfenster (sowohl beim Wärmekontakt- als auch beim Ultraschallschweißen)
- Durch eine PEG-Zugabe wurde:
  - ✓ die WKS-Nahtqualität nicht beeinflusst
  - ✓ die US-Nahtqualität verbessert

**Die Ergebnisse wurden im Rahmen  
des Forschungsprojektes (IGF 17623 N)  
am SKZ durchgeführt. Wir bedanken uns  
bei der BMWi für die finanzielle Unterstützung.**

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**Weiterhin bedanken wir uns bei der Polifilm Extrusion GmbH  
für die Bereitstellung von PLA sowie für die Anfertigung der Folien.**







## „Verarbeitung von biobasierten Kunststoffen und Errichtung eines Kompetenznetzwerkes im Rahmen des Biopolymernetzwerkes bei der FNR“

Ein Verbundprojekt der Partner:

- IfBB - Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe
- SKZ - Das Kunststoff-Zentrum
- IAP - Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung
- SLK - Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung der TU Chemnitz



Bundesministerium für  
Ernährung, Landwirtschaft  
und Verbraucherschutz



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**



**Weitere Informationen erhalten Sie auch  
im Internet unter [www.skz.de](http://www.skz.de)  
auf den Seiten *Forschung / Fügen*.**



**Kontaktperson:**

**Neda Stöhr**

Tel: 0931 / 4104 – 686

E-Mail: [n.stoehr@skz.de](mailto:n.stoehr@skz.de)